

การศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการ
ต้านอนุมูลอิสระของ กะหล่ำปลี แครร์รอต มะเขือเทศ และหอมหัวใหญ่สด

เทียบกับการผ่านความร้อนด้วยการนึ่งและการต้ม

Study on Phenolic and Flavonoid Antioxidant Content and Activities of
Fresh Cabbage, Carrot, Tomato, and Onion Comparing to
Steaming and Boiling

จิตาภา วิมุกตานนท์

อีเมล: 6152003254@lamduan.mfu.ac.th

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ดร.กานต์ วงศ์ศุภสวัสดิ์

อีเมล: karnt.won@mfu.ac.th

สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการประกอบอาหารโดยกระบวนการนึ่งและการต้มต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของกะหล่ำปลี แครร์รอต มะเขือเทศ และหอมหัวใหญ่ ผลการวิจัยพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของ ผักสด กะหล่ำปลี 340.78 ± 4.17 , มะเขือเทศ 242.58 ± 3.84 , แครร์รอต 158.68 ± 2.90 , หอมหัวใหญ่ 650.50 ± 7.99 ไมโครกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง หลังจากผ่านกระบวนการนึ่ง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของกะหล่ำปลี แครร์รอตและหอมหัวใหญ่มีปริมาณลดลงอยู่ในช่วง 297.85 ± 1.48 , 149.37 ± 2.69 , 610.93 ± 6.88 ไมโครกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ สำหรับผักที่ผ่านกระบวนการต้ม ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของกะหล่ำปลี แครร์รอตและหอมหัวใหญ่นั้นมีปริมาณลดลงอยู่ในช่วง 140.42 ± 0.98 , 89.96 ± 2.46 , 432.50 ± 10.36 ไมโครกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ในทางกลับกัน มะเขือเทศมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 242.58 ± 3.84 เป็น 295.49 ± 2.22 และ 309.59 ± 4.97 ไมโครกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง หลังกระบวนการนึ่งและต้มตามลำดับ ผลการวิจัยปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมีในผักสดดังนี้ กะหล่ำปลี 11.40 ± 0.59 , มะเขือเทศ 17.80 ± 0.69 , แครร์รอต 14.55 ± 0.47 , หอมหัวใหญ่ 10.08 ± 0.53 ไมโครกรัมคาทีชินต่อกรัมตัวอย่าง กะหล่ำปลี แครร์รอต หอมหัวใหญ่ มีปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลงเช่นกัน ทั้งหลังการนึ่ง (8.85 ± 0.29 , 12.53 ± 0.53 , 8.76 ± 0.47 ไมโครกรัมคาทีชินต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ) และหลังการต้ม

(4.86 ± 0.26 , 6.83 ± 0.47 , 4.27 ± 0.53 ไมโครกรัมคาทีชินต่อกรัมตัวอย่างตามลำดับ) มะเขือเทศนั้นมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดจาก 17.80 ± 0.69 ไมโครกรัมคาทีชินต่อกรัมตัวอย่าง เป็น 18.43 ± 0.48 และ 20.66 ± 0.55 ไมโครกรัมคาทีชินต่อกรัมตัวอย่าง หลังผ่านกระบวนการนึ่งและการต้มตามลำดับ อย่างไรก็ตามฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักทุกชนิดลดลงอย่างมากหลังจากผ่านกระบวนการนึ่งและการต้ม กะหล่ำปลีสดจาก $1,585.24 \pm 86.06$ ไมโครโมลโพลกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง ลดลงเป็น $1,425.12 \pm 47.06$ และ 764.66 ± 61.09 ไมโครโมลโพลกซ์ต่อกรัมตัวอย่างเมื่อผ่านการนึ่งและการต้มตามลำดับ มะเขือเทศสด จาก $1,092.17 \pm 69.36$ ไมโครโมลโพลกซ์ต่อกรัมตัวอย่างลดลงเป็น 906.61 ± 10.88 และ 755.77 ± 54.68 ไมโครโมลโพลกซ์ต่อกรัมตัวอย่างเมื่อผ่านการนึ่งและการต้ม แคร้รอตสดจาก 332.39 ± 7.49 ไมโครโมลโพลกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง เหลือ 330.16 ± 10.91 และ 254.04 ± 15.69 ไมโครโมลโพลกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง เมื่อผ่านกระบวนการนึ่งและต้ม ตามลำดับ หอมหัวใหญ่สด 685.05 ± 47.28 ลดลงเหลือ 541.15 ± 31.89 และ 484.46 ± 12.58 ไมโครโมลโพลกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง เมื่อผ่านกระบวนการนึ่งและต้ม ตามลำดับ สรุปได้ว่ากระบวนการนึ่งและการต้มมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของกะหล่ำปลี แครอท มะเขือเทศ และหอมหัวใหญ่

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ, กะหล่ำปลี, แคร้รอต, มะเขือเทศ, หอมหัวใหญ่

ABSTRACT

This study aimed to study the effects of steaming and boiling methods on total phenolics, total flavonoids and antioxidant activity of cabbage, tomato, carrot, and onion. The results showed that the total phenolic content of the fresh vegetables, Cabbage 340.78 ± 4.17 , tomato 242.58 ± 3.84 , Carrot 158.68 ± 2.90 , Onion 650.50 ± 7.99 $\mu\text{g GAE/g}$. After the steaming process, the total phenolic contents of cabbage, carrot, and onion. were reduced ranging from 297.85 ± 1.48 , 149.37 ± 2.69 , 610.93 ± 6.88 $\mu\text{g GAE/g}$ respectively. For after boiling, total phenolic contents of cabbage, tomato, onion, and carrot were also reduced in the range of 140.42 ± 0.98 , 89.96 ± 2.46 , 432.50 ± 10.36 $\mu\text{g GAE/g}$ respectively. In contrast, the total phenolic compound of the tomato increased from 242.58 ± 3.84 to 295.49 ± 2.22 and 309.59 ± 4.97 $\mu\text{g GAE/g}$ after the steaming and boiling process, respectively. The total flavonoid content of fresh vegetables ranging from cabbage 11.40 ± 0.59 , tomato

17.80±0.69 carrot 14.55±0.47, onion 10.08±0.53 µg CE/g cabbage, carrot, and onion. An increase of total flavonoid content was obviously observed both after the steaming and boiling process (Steaming 8.85±0.29, 12.53±0.53, 8.76±0.47 µg CE/g respectively) and boiling (4.86±0.26, 6.83±0.47, 4.27±0.53 µg CE/g respectively) For tomato the total flavonoid content has increased from 17.80±0.69 µg CE/g to 18.43±0.48 and 20.66±0.55 µg CE/g after steaming and boiling processes. However, the antioxidant activity of all vegetables was significantly reduced after passing the process of steaming and boiling fresh cabbage from 1,585.24±86.06 has decreased to 1,425.12±47.06 and 764.66±61.09 µM Trolox/g After Steaming and boiling, respectively. Fresh tomato from 1,092.17±69.36 µM Trolox/g has reduced to 906.61±10.88 and 755.77±54.68 µM Trolox/g and after steaming and boiling, respectively. Fresh carrot from 332.39±7.49 µM Trolox/g to 330.16±10.91 µM Trolox/g and 254.04±15.69 µM Trolox/g after steaming and boiling, respectively. Fresh onion 685.05±47.28 µM Trolox/g has reduced to 541.15±31.89 and 484.46±12.58 µM Trolox/g after steaming and boiling process, respectively. It can be concluded that the steaming and boiling process had significant influences on the phenolic content and antioxidant capacity of cabbage, tomato, onion, and carrot.

Keywords: Phenolic, flavonoids, Antioxidant, Cabbage, Tomato, Onion, Carrot

บทนำ/หลักการและเหตุผล (Introduction)

การเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์และตรงตามวัตถุประสงค์เป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้บริโภคในสังคมปัจจุบัน อีกทั้งปัจจุบันสังคมประเทศไทยนั้นยังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ เป้าหมายในชีวิตเรื่องการจะมีอายุยืนยาวอย่างมีคุณภาพได้นั้นล้วนเป็นเป้าหมายอันดับต้น ๆ ของผู้คนในยุคนี้ ดังนั้นผู้บริโภคจึงเลือกที่จะเสาะแสวงหาความรู้เรื่องการรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ ในแง่มุมต่าง ๆ เพื่อนำความรู้นั้นมาปฏิบัติเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสุขภาพร่างกาย จึงจะนำมาซึ่งการมีชีวิตที่ยืนยาวอย่างมีคุณภาพต่อไป

ผักนั้นเป็นอาหารที่มีความสำคัญต่อร่างกาย เป็นทั้งแหล่งวิตามินและอุดมด้วยสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างมาก ผู้บริโภคในปัจจุบันนั้นมีความความรู้และให้ความสำคัญกับศาสตร์แห่งการชะลอวัย ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่ามีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง และหนึ่งในปัจจัยนั้นคือ การบริโภคผัก ทั้งผักสดและผักที่ผ่านความร้อนในการปรุงอาหาร จนบางครั้งมีคำถามจากผู้บริโภคเหล่านั้นว่า

หากต้องการบริโภคผักให้ได้ประโยชน์สูงสุดในเชิงการรับสารต้านอนุมูลอิสระจากภายนอกนั้น การเลือกรับประทานผักแบบโคดิและกรรมวิธีการปรุงอาหารแบบใดน่าจะเหมาะสมที่สุด เพื่อเลือกรับประทานผักที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในระดับสูง ๆ หรือ เลือกกรรมวิธีการปรุงอาหารโดยใช้ความร้อนหรือไม่ใช้ความร้อน แบบใดที่จะทำให้ได้รับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง ๆ หรือมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เท่าที่จะทำจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ เพื่อหาคำตอบและเป็นข้อมูลให้กับผู้บริโภคเหล่านั้น โดยข้อมูลจะเป็นภาพโดยรวมของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผักที่ได้รับความนิยมในการเลือกรับประทานทั้งเมนูผักสดและเมนูผักต้มหรือนึ่ง

พืชผักและผลไม้ที่นิยมรับประทานในชีวิตประจำวันนั้น เป็นแหล่งสารอาหารที่ประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระต่าง ๆ ได้แก่ วิตามินซี (Vitamin C) วิตามินอี (Vitamin E) เบต้า-แคโรทีน (beta-carotene) (Buettner, 1993; Halliwell, 1999) รวมถึง สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) สารกลุ่มไฮธอล (thoil compounds) แอลฟาไลโปอิกแอซิด (alpha-lipoic acid) เมลาโทนิน (melatonin) และโคเอนไซม์คิว 10 (coenzyme Q10) เป็นต้น (สุพัตรา ปรศุพัฒนา และคณะ, 2555)

1. กะหล่ำปลี (Cabbage)

กะหล่ำปลี เป็นพืชในวงศ์เดียวกับผักกาด (brassicaceae หรือ cruciferae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. กะหล่ำปลีมีองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระ แร่ธาตุ และวิตามินรวมถึงสารในกลุ่ม Sulforaphane, Indole-3-carbinol, กรดทาร์ทาริก (tartaric acid) วิตามินซี (Vitamin C), กรดโฟลิก (folic acid), กำมะถัน และวิตามินบี 5

2. มะเขือเทศ (Tomato)

มะเขือเทศ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lycopersicon esculentum* Mil. ในมะเขือเทศมีกรดอินทรีย์ น้ำตาล วิตามิน A, B, C และสารสำคัญในกลุ่มแคโรทีนอยด์อย่างไลโคปีน (lycopene) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

3. แคร้รอต (Carrot)

แคร้รอต มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Daucus carota* var. *sativus* Baloch et al. (1977) กล่าวว่า เบต้าแคโรทีน เป็นรงควัตถุหลักที่ใหสีในแคร้รอตมี ปริมาณร้อยละ 85 - 95 เปอร์เซ็นต์ และยังมัลฟาแคโรทีนร้อยละ 20 ของแคโรทีนอยด์ทั้งหมด รวมทั้งรงควัตถุพวก แกมมาแคโรทีน แซนโทฟิล และไลโคปีนอีกปริมาณเล็กน้อย

4. หอมหัวใหญ่ (Onion)

หอมหัวใหญ่ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Allium cepa* Linn มีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น คเควอเซทิน (quercetin), อัลลิลโพรพิลไดซัลไฟด์ (allyl propyl disulfide), อัลลิซิน (allicin) และ เบต้าแคโรทีน (beta carotene)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Research Objective)

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ในผัก 4 ชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี แคร้รอต มะเขือเทศ และหอมหัวใหญ่ ก่อนและหลังการผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยการนึ่งและการต้ม

ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology)

เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (laboratory research) ซึ่งเป็นการทดลองภายในห้องปฏิบัติการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างผักทั้งหมดมี 4 ชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี แคร้รอต มะเขือเทศ และหอมหัวใหญ่ ซึ่งเป็นผักจากโครงการหลวง หาซื้อได้จากโครงการหลวง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ดังนี้

นำกะหล่ำปลี แคร้รอต มะเขือเทศ และหอมหัวใหญ่ หั่นเป็นชิ้นลูกเต๋ารายขนาดประมาณ 1x1 เซนติเมตร แบ่งผักแต่ละชนิดออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นตัวอย่างผักสด ส่วนที่สองเป็นตัวอย่างผักนึ่ง และส่วนที่สามเป็นตัวอย่างผักต้ม

ตัวอย่างส่วนที่สองนำมาผ่านกระบวนการนึ่งด้วยไอน้ำเดือด นำตัวอย่างที่ถูกหั่นแล้วมานึ่งในหม้อนึ่ง (หม้อซึ้ง) เป็นระยะเวลา 3 นาที จากนั้นนำไปใส่ถุงร้อนและจุ่มลงในถังน้ำแข็งเพื่อหยุดการสุก นำมาพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 10 นาที

ตัวอย่างส่วนที่สามนำมาผ่านกระบวนการต้มด้วยน้ำเดือด นำตัวอย่างที่ถูกหั่นแล้วมาต้มในหม้อ เป็นระยะเวลา 3 นาที จากนั้นนำไปใส่ถุงร้อนและจุ่มลงในถังน้ำแข็งเพื่อหยุดการสุก นำมาพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 10 นาที

2. การสกัดตัวอย่าง

ซังตัวอย่าง ผักทั้ง 4 ชนิด ที่เป็นผักสด นึ่ง และต้ม ตัวอย่างละ 5 กรัม ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยงพลาสติก (centrifuge tube) ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำทำละลาย Absolute 99.9% ethanol ปริมาณ 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นผสมด้วยเครื่อง Homogenizer ยี่ห้อ IKA รุ่น T 25 digital ที่ความเร็ว 15000 rpm เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงตกตะกอนด้วย Refrigerated Centrifuge

รุ่น Universal 320R ที่ความเร็ว 5000 rpm อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นนำมากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เก็บตัวอย่างส่วนใสนำมาวิเคราะห์ต่อไป

3. การวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

1) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Compound; TPC)

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ใช้วิธีตาม Bozin et al. (2008) ใช้ไมโครปิเปตดูดตัวอย่างส่วนใส 25 ไมโครลิตรใส่ในหลุม 96 well plate เติม 0.2 M Folin-Ciocalteu reagent 125 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นเติม 20% (w/v) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 100 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer Biotek รุ่น synergy HT ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid; GAE) แสดงในหน่วยไมโครกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง (μg GAE/g sample) แต่ละตัวอย่างถูกวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

2) ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total Flavonoid Content; TFC)

การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ใช้วิธีตาม Zhishen et al. (1999) ใช้ไมโครปิเปตดูดตัวอย่างส่วนใส 150 ไมโครลิตรใส่ในหลุม 96 well plate เติม 5% (w/v) โซเดียมไนไตรท์ (NaNO_2) 5 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติม 10% (w/v) อะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ (AlCl_3) 10 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 6 นาที หลังจากนั้น เติม 1 M โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 70 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันก่อนนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเทียบกับสารมาตรฐานคาเทชิน (Catechin; CE) แสดงในหน่วยไมโครกรัมคาเทชินต่อกรัมตัวอย่าง (μg CE/g sample) แต่ละตัวอย่างถูกวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

3) การวิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

การวิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ใช้วิธีตาม van Amsterdam et al. (1992) ใช้ไมโครปิเปตดูดตัวอย่างส่วนใส 100 ไมโครลิตรใส่ในหลุม 96 well plate เติม 100 μM DPPH ที่ละลายในเอทานอล 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน

ตั้งทิ้งไว้ที่มีมืดในตู้บ่ม 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบกับสารมาตรฐานโทรลอคซ์ (Trolox; TE) แสดงในหน่วยไมโครโมลาร์โทรลอคซ์ต่อกรัมตัวอย่าง (μM TE/g sample) แต่ละตัวอย่างถูกวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1) วิธีการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกัน (Repeated Measure ANOVA)

เพื่อวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผักชนิดเดียวกันที่ผ่านกระบวนการความร้อนแต่ละวิธี ได้แก่ เปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ในกะหล่ำปลี แครร์รอต มะเขือเทศ และหอมหัวใหญ่ กะหล่ำปลีผักสด เปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ในกะหล่ำปลี แครร์รอต มะเขือเทศ และหอมหัวใหญ่กะหล่ำปลีผักที่ผ่านกระบวนการนี้ และเปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ในกะหล่ำปลี แครร์รอต มะเขือเทศ และหอมหัวใหญ่กะหล่ำปลีผักที่ผ่านกระบวนการต้ม โดยเปรียบเทียบระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

2) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว One-way ANOVA

เพื่อวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผักแต่ละชนิดในวิธีการประกอบอาหารเดียวกัน อันได้แก่ ผักสด เทียบกับ ผักที่ผ่านกระบวนการประกอบอาหารโดยการนึ่งและเทียบกับผักที่ผ่านกระบวนการประกอบอาหารโดยการต้มโดยใช้โปรแกรม SPSS 18 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) วิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธี Least significant difference (LSD) ที่ความแตกต่าง 95% หรือระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ผลวิจัย (Results)

1. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC)

ผลการวิจัยแสดงในตารางที่ 1 พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงตามรูปแบบกระบวนการประกอบอาหาร ซึ่งตัวอย่างสดของหอมหัวใหญ่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด ตามมาด้วย กะหล่ำปลี มะเขือเทศ และแครร์รอต ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างผักทุกชนิดยกเว้นมะเขือเทศมีแนวโน้มลดลงเมื่อผ่านกระบวนการนึ่ง และต้มตามลำดับ จะเห็นว่าความร้อนมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกเกิดการสลายตัว

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ของผักแต่ละชนิด เมื่อผักผ่านกระบวนการต้มและการนึ่ง พบว่า ผักทุกชนิด ยกเว้นมะเขือเทศ กระบวนการต้ม จะมีการลดลง ของสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด ตามมาด้วยกระบวนการนึ่ง ในขณะที่มะเขือเทศ จะให้ผลตรงข้ามโดยพบว่า กระบวนการต้ม จะมีปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกเพิ่มขึ้นมากที่สุด ตามด้วย กระบวนการนึ่ง และมะเขือเทศสด แสดงผลตาม ตารางที่ 1

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผักแต่ละชนิด แสดงผลตามตารางที่ 2 พบว่าหอมหัวใหญ่สดมีปริมาณสารฟีนอลิกสูงที่สุด 650.50 ± 7.99 ไมโครกรัมกรด

แกลลิกต็อกรัมตัวอย่าง ตามด้วยกะหล่ำปลี มะเขือเทศ และ แครร์รอต ตามลำดับ สำหรับกระบวนการนี้ หอมหัวใหญ่มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงสุด 610.93 ± 6.88 ไมโครกรัมกรดแกลลิกต็อกรัมตัวอย่าง ตามด้วยกะหล่ำปลีและมะเขือเทศในปริมาณสารฟีนอลิกที่ไม่ต่างกัน และตามด้วยแครร์รอต ในขณะที่ผลจากกระบวนการต้มพบว่าหอมหัวใหญ่ต้มมีปริมาณสารฟีนอลิกสูงสุด 432.50 ± 10.36 ไมโครกรัมกรดแกลลิกต็อกรัมตัวอย่าง

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ในแต่ละกระบวนการปรุงของตัวอย่างผัก

ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด						ค่า นัยสำคัญ ทางสถิติ (p-value)
	TPC ($\mu\text{g GAE/g Sample}$)						
	สด		นึ่ง		ต้ม		
ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน		
กะหล่ำปลี	340.78	4.17	297.85	1.48	140.42	0.98	< 0.001
มะเขือเทศ	242.58	3.84	295.49	2.22	309.59	4.97	< 0.001
แครร์รอต	158.68	2.90	149.37	2.69	89.96	2.46	< 0.001
หัวหอมใหญ่	650.50	7.99	610.93	6.88	432.50	10.36	< 0.001

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกัน (Repeated measure ANOVA) ที่ระดับความสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p < 0.05$)

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ของตัวอย่างผักทั้ง 4 ชนิด

กระบวนการปรุง	ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด		ค่า นัยสำคัญทางสถิติ (p-value)
		TPC ($\mu\text{g GAE/g Sample}$)		
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
สด	กะหล่ำปลี	340.78	4.17	< 0.001
	มะเขือเทศ	242.58	3.84	
	แครร์รอต	158.68	2.90	
	หัวหอมใหญ่	650.50	7.99	
นึ่ง	กะหล่ำปลี	297.85	1.48	< 0.001
	มะเขือเทศ	295.49	2.22	
	แครร์รอต	149.37	2.69	
	หัวหอมใหญ่	610.93	6.88	
ต้ม	กะหล่ำปลี	140.42	0.98	< 0.001
	มะเขือเทศ	309.59	4.97	
	แครร์รอต	89.96	2.46	
	หัวหอมใหญ่	432.50	10.36	

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One Way ANOVA) ที่ระดับความสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p < 0.05$)

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC)

ผลการวิจัยปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดพบว่าการเปลี่ยนแปลงตามรูปแบบกระบวนการประกอบอาหารเช่นเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด นั่นคือกะหล่ำปลี แคร้ รอต และหอมหัวใหญ่เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยการต้มและการนึ่งแล้วมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดลดลงโดยมีการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุดในตัวอย่างทีผ่านกระบวนการต้ม คือ กะหล่ำปลีและหอมหัวใหญ่ลดลง 58 เปอร์เซ็นต์ และแคร้รอตลดลง 47 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบสารประกอบ ฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของผักแต่ละชนิด เมื่อผ่านกระบวนการนึ่งและต้ม พบว่าผักทีผ่านกระบวนการต้มจะมีการลดลงของสารประกอบฟลาโวนอยด์มากที่สุด ตามมาด้วยกระบวนการนึ่ง ยกเว้น มะเขือเทศ ทีผลการวิจัยพบว่ามะเขือเทศทีผ่านกระบวนการต้ม จะพบสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงขึ้น ในขณะที่ มะเขือเทศทีผ่านกระบวนการนึ่งจะมีปริมาณสารไม่แตกต่างจากมะเขือเทศสด แสดงผลตามตารางที่ 3

เมื่อเทียบปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของผักแต่ละชนิด ในผักสดทั้ง 4 ชนิด พบว่าปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงสุดในมะเขือเทศ แคร้รอต กะหล่ำปลีและหอมหัวใหญ่ ตามลำดับ หลังจากผ่านกระบวนการนึ่งและกระบวนการต้มแล้ว พบว่าปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด พบมากทีสุดในมะเขือเทศ ตามด้วย แคร้รอต และตามด้วยปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในระดับทีไม่แตกต่างกันในกะหล่ำปลีและหอมหัวใหญ่ แสดงผลตาม ตารางที่ 4

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ในแต่ละกระบวนการปรุงของตัวอย่างผัก

ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด						ค่า นัยสำคัญ ทางสถิติ (p-value)
	TFC ($\mu\text{g CE/g Sample}$)						
	สด		นึ่ง		ต้ม		
ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
กะหล่ำปลี	11.40	0.59	8.85	0.29	4.86	0.26	< 0.001
มะเขือเทศ	17.80	0.69	18.43	0.48	20.66	0.55	< 0.001
แคร้รอต	14.55	0.47	12.53	0.53	6.83	0.47	< 0.001
หัวหอมใหญ่	10.08	0.53	8.76	0.47	4.27	0.53	< 0.001

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกัน (Repeated measure ANOVA) ทีระดับความสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ของตัวอย่างผักทั้ง 4 ชนิด

กระบวนการปรุง	ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด		ค่านัยสำคัญทางสถิติ (<i>p</i> -value)
		TFC ($\mu\text{g CE/g Sample}$)		
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
สด	กะหล่ำปลี	11.40	0.59	< 0.001
	มะเขือเทศ	17.80	0.69	< 0.001
	แครร์รอต	14.55	0.47	< 0.001
	หัวหอมใหญ่	10.08	0.53	< 0.001
นึ่ง	กะหล่ำปลี	8.85	0.29	< 0.001
	มะเขือเทศ	18.43	0.48	< 0.001
	แครร์รอต	12.53	0.53	< 0.001
	หัวหอมใหญ่	8.76	0.47	< 0.001
ต้ม	กะหล่ำปลี	4.86	0.26	< 0.001
	มะเขือเทศ	20.66	0.55	< 0.001
	แครร์รอต	6.83	0.47	< 0.001
	หัวหอมใหญ่	4.27	0.53	< 0.001

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One Way ANOVA) ที่ระดับความสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p < 0.05$)

3. การวิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH จะแสดงในหน่วยไมโครโมลาร์โทลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง ($\mu\text{M Trolox/g FW}$) ซึ่งแสดงในตารางที่ 5, 6 พบว่าตัวอย่างผักทั้ง 4 ชนิดที่ผ่านกระบวนการให้การความร้อนโดยการนึ่งและการต้มมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง ซึ่งตัวอย่างกะหล่ำปลีสดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด $1,585.24 \pm 86.06$ ไมโครโมลาร์โทลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง รองลงมาคือ มะเขือเทศสด $1,092.17 \pm 69.36$ ไมโครโมลาร์โทลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง หอมหัวใหญ่สด 685.05 ± 47.28 ไมโครโมลาร์โทลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่ำสุด คือ แครร์รอตสด 332.39 ± 7.49 ไมโครโมลาร์โทลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างผักที่ผ่านกระบวนการต้มในตัวอย่างกะหล่ำปลีต้มและมะเขือเทศต้มมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด 764.66 ± 61.09 และ 755.77 ± 54.68 ไมโครโมลาร์โทลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างตามลำดับ และแครร์รอตต้มมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด 254.04 ± 15.69 ไมโครโมลาร์โทลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง เช่นเดียวกับสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ความร้อนสูงจากการต้ม มีผลในการลดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการนึ่ง

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ในแต่ละกระบวนการปรุงของตัวอย่างผักทั้ง 4 ชนิด

ชนิดตัวอย่าง	DPPH ($\mu\text{M Trolox/g FW}$)						ค่านัยสำคัญทางสถิติ (p -value)
	สด		นึ่ง		ต้ม		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
กะหล่ำปลี	1,585.24	86.06	1,425.12	47.06	764.66	61.09	< 0.001
มะเขือเทศ	1,092.17	69.36	906.61	10.88	755.77	54.68	< 0.001
แครร์รอต	332.39	7.49	330.16	10.91	254.04	15.69	< 0.001
หัวหอมใหญ่	685.05	47.28	541.15	31.89	484.46	12.58	< 0.001

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกัน (Repeated measure ANOVA) ที่ระดับความสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p < 0.05$)

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของตัวอย่างผักทั้ง 4 ชนิด

กระบวนการปรุง	ชนิดตัวอย่าง	DPPH ($\mu\text{M Trolox/g FW}$)		ค่านัยสำคัญทางสถิติ (p -value)
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
สด	กะหล่ำปลี	1,585.24	86.06	< 0.001
	มะเขือเทศ	1,092.17	69.36	< 0.001
	แครร์รอต	332.39	7.49	< 0.001
	หัวหอมใหญ่	685.05	47.28	< 0.001
นึ่ง	กะหล่ำปลี	1,425.12	47.06	< 0.001
	มะเขือเทศ	906.61	10.88	< 0.001
	แครร์รอต	330.16	10.91	< 0.001
	หัวหอมใหญ่	541.15	31.89	< 0.001
ต้ม	กะหล่ำปลี	764.66	61.09	< 0.001
	มะเขือเทศ	755.77	54.68	< 0.001
	แครร์รอต	254.04	15.69	< 0.001
	หัวหอมใหญ่	484.46	12.58	< 0.001

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One Way ANOVA) ที่ระดับความสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p < 0.05$)

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ (Discussion and Suggestion)

จากการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในผักทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี แคร้รอต มะเขือเทศ และ หอมหัวใหญ่ ที่ผ่านกระบวนการนึ่ง 3 นาที และการต้ม 3 นาที สรุปได้ว่า กะหล่ำปลี แคร้รอต และหอมหัวใหญ่ ที่ผ่านกระบวนการนึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง และจะลดลงมากที่สุดเมื่อผ่านกระบวนการต้ม ส่วนมะเขือเทศที่ผ่านการนึ่งและต้มจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น และจะสูงที่สุดเมื่อผ่านกระบวนการต้ม แต่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในมะเขือเทศนั้นลดลงเช่นเดียวกับ กะหล่ำปลี แคร้รอต และหอมหัวใหญ่

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการวิจัยของ Chipurura et al. (2010) แต่มีความน่าสนใจในตัวอย่างมะเขือเทศที่มีแนวโน้มของปริมาณสารฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมะเขือเทศที่ผ่านกระบวนการต้มมีปริมาณสารฟีนอลิกมากกว่ามะเขือเทศสด เพิ่มขึ้น 28 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dewanto et al. (2002) ที่ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในมะเขือเทศที่ผ่านความร้อนในเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างผ่านความร้อนมีปริมาณมากกว่าในตัวอย่างสด และมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ผ่านความร้อน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Rivero et al. (2022). แสดงให้เห็นว่ากระบวนการแปรรูปเป็นซอสมะเขือเทศจะทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกสูงขึ้นได้เช่นกัน แต่งานวิจัยของ Shi and Maguer (2000) พบว่ามะเขือเทศที่ผ่านความร้อนสูงเกินไปมากกว่า 100 องศาเซลเซียส และใช้เวลานานมากกว่า 3 นาที จะทำให้สารไลโคปีนเกิดการสลายตัวได้แสดงว่า ความร้อนสูงน่าจะ มีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกลดลงในผักอื่น แต่เพิ่มขึ้นในมะเขือเทศ สอดคล้องกับผลการทดลองของ Yang et al. (2004)

ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่มีการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุดในผักที่ผ่านการต้ม จะเห็นว่าความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ซึ่งผลการศึกษาเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Ioannou et al. (2020) ที่ศึกษาผลของความร้อนต่อปริมาณลูทีน (Rutin), นารินจิน (Naringin), เอริดิคทีออล (Eriodictyol) และ ลูทีโอลิน (Luteolin) ที่เป็นสารฟลาโวนอยด์ส่วนใหญ่ที่พบได้ในพืช นอกจากนี้ผลการทดลองของ Chaaban et al. (2017) ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน การที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นในตัวอย่างมะเขือเทศที่ผ่านความร้อน Gartner et al. (1997) อธิบายว่า ความร้อนจะไปทำลายโครงสร้างภายในผนังเซลล์ทำให้สารไลโคปีนหลุดออกมาอยู่ในรูป free-lycopene ซึ่งร่างกายสามารถดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีกว่ามะเขือเทศสด

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด ที่ผ่านกระบวนการความร้อนมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง ทั้งในกะหล่ำปลี มะเขือเทศ

แคร์รอต และ หอมหัวใหญ่ ในตัวอย่างมะเขือเทศมีผลการทดลองในทิศทางตรงกันข้ามกับตัวอย่างอื่น ๆ จะสังเกตว่าเมื่อมะเขือเทศที่ผ่านกระบวนการความร้อนจะทำให้สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์มีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่กลับทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระน้อยลง อาจจะเป็นเนื่องจากองค์ประกอบสารต้านอนุมูลอิสระในมะเขือเทศมีความหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็น โลโคปิน ลูทีน เบต้าแคโรทีน วิตามินอี และวิตามินซี ซึ่งวิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบมากที่สุด 13.70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมผลสด รองลงมาเป็นสารโลโคปิน 10.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมผลสด Fruscante et al. (2007) เมื่อผ่านความร้อนจะทำให้วิตามินซีสามารถสลายตัวได้ง่ายมาก จึงทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงด้วย จากงานวิจัยของ Dewanto et al. (2002) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า มะเขือเทศที่ผ่านความร้อนที่ 88 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อใช้เวลาดำมนานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าผลการวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Şengül et al. (2014) ที่ศึกษาผลของวิธีการประกอบอาหาร ได้แก่ การต้ม การนึ่ง การผัด และไมโครเวฟ ที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผักแต่ละชนิด ซึ่งพบว่าเมื่อใช้ความร้อนในการประกอบอาหารจะทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงเช่นเดียวกัน แต่ผลการวิจัยในครั้งนี้นักกลับให้ผลในทางตรงกันข้ามกับงานวิจัยของ Turkmen et al. (2005) ที่ทำการทำการศึกษถึงผลของวิธีการประกอบอาหารต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักสีเขียวที่ทำการคัดเลือกไว้ ได้แก่ ถั่วเขียว (green beans) ถั่วลันเตา (peas) พริกไทย (pepper) สควอช (squash) บรอกโคลี่ (broccoli) กระเทียมต้น (leek) และ ปวยเล้ง (spinach) โดยศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่า ผักบางชนิดเมื่อผ่านกระบวนการปรุงอาหารโดยใช้ความร้อนปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นและในผักบางชนิดลดลง ดังนี้สารฟีนอลิกทั้งหมดในพริกไทย บรอกโคลี่ และปวยเล้ง มีปริมาณสารฟีนอลิกเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อผ่านการอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ ถั่วเขียวมีปริมาณสารฟีนอลิกเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อผ่านการนึ่งซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงกับการอุ่นด้วยเตา ไมโครเวฟ ส่วนในถั่วลันเตา กระเทียมต้น และสควอช จะมีปริมาณฟีนอลิก ลดลงตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของถั่วเขียวมีระดับเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อผ่านการอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ รองลงมาคือพริกไทย ปวยเล้ง และบรอกโคลี่ เมื่อผ่านการประกอบอาหารทั้ง 3 วิธีจะมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในระดับที่ใกล้เคียงกัน โดย เพิ่มขึ้นในปริมาณมากและน้อยลงตามลำดับ และที่เพิ่มขึ้นในระดับน้อยมากจนถึงน้อยที่สุดคือ กระเทียมต้น และสควอช ตามลำดับ ส่วนในถั่วลันเตาจะมีค่าลดลงจากการประกอบอาหารทั้ง 3 วิธี ดังนั้นชนิดของผักที่แตกต่างกันอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ผลการวิจัยนั้นแตกต่างกันได้

จากงานวิจัยนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการมาใช้ในการใช้ชีวิตประจำวันได้หลายประการ กระบวนการประกอบอาหารมีผลต่อปริมาณสารอาหารในผัก พบว่าความร้อนสูง เช่นการต้มมีผลต่อการลดลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารประกอบฟีนอลิก และสารพลาโวนอยด์ รวมทั้งลดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ แนะนำให้พิจารณา ประกอบอาหารด้วยวิธีอื่น เช่นการ การนึ่ง หรือการรับประทานสด ยกเว้นใน มะเขือเทศ การต้มทำให้มีสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบพลาโวนอยด์สูงขึ้น แต่ไม่ควรต้มนานเกินไป เนื่องจากความร้อนสูงที่นานเกิน 3 นาทีจะเริ่มทำลายสารไลโคปีนในมะเขือเทศได้ และความร้อนสูงนาน ๆ จะทำลาย สารต้านอนุมูลอิสระตัวอื่นที่มีอยู่มากในมะเขือเทศ เช่น วิตามินซีได้ ในกรณีที่ต้องการเลือกผักที่มีสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด แนะนำให้เลือกรับประทานหอมหัวใหญ่สดหรือหนึ่ง ถ้าต้องการเลือกผักที่มีปริมาณสารประกอบพลาโวนอยด์สูงสุด แนะนำให้เลือกรับประทานมะเขือเทศโดยเฉพาะมะเขือเทศที่ผ่านกระบวนการนึ่งและต้มที่ไม่ผ่านความร้อนนานมากจนเกินไป ถ้าต้องการทานผักที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ควรเลือกรับประทาน กะหล่ำปลีสด แต่ไม่ควรรับประทานต่อเนื่อง เพราะว่ามีงานวิจัยที่พบว่าในกะหล่ำปลีสดมีสาร Goitrogen ซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดภาวะไทรอยด์ต่ำและอาจส่งผลไม่ดีต่อสุขภาพได้ Jagminder et al. (2016) จึงแนะนำให้เลือกทานกะหล่ำปลีหนึ่ง หากจะเลือกรับประทานแครรอต การเลือกรับประทานแครรอตชนิดสดจะมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า และผักแต่ละชนิดก็ราคาที่แตกต่างกันตามฤดูกาล ดังนั้นข้อมูลจากงานวิจัยนี้ จึงเป็นส่วนประกอบในการเลือกซื้อและรับประทานผักเพื่อวัตถุประสงค์ในเรื่องการเสริมสร้างปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่รับจากภายนอกเพื่อเป็นปัจจัยช่วยให้ร่างกายในการยับยั้งความเสื่อมของร่างกายและชะลอวัยแก่ผู้บริโภค

รายการอ้างอิง

- สุพัตรา ปรศุพัฒนา, ชลธิดา เทพหินลับ และไมตรี สุทธจิตต์. (2555). สารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มที่ไม่ใช่วิตามิน, ใน วรพล เองวานิช, *สมาคมเพื่อการวิจัยอนุมูลอิสระไทย อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ* (หน้า 231-294). นวัตกรรมสุขภาพ.
- Baloch, A. K., Buckle, K. A., & Edwards, R. A. (1977). Separation of carrot carotenoids on hyflo super-cel-magnesium oxide-calcium sulfate thin layers. *Journal of Chromatography A*, 139(1), 149-155.
- Buettner, G. R. (1993). The pecking order of free radicals and antioxidants: lipid peroxidation, α -tocopherol, and ascorbate. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 300(2), 535-543.

- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Goran, A., & Igic, R. (2008). Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae). *Food chemistry*, 111(4), 925-929.
- Chaaban, H., Ioannou, I., Chebil, L., Slimane, M., Gerardin, C., Paris, C., . . . & Ghoul, M. (2017). Effect of heat processing on thermal stability and antioxidant activity of six flavonoids. *Journal of food processing and preservation*, 41(5), e13203.
- Chipurura, B., Muchuweti, M., & Manditseraa, F. (2010). Effects of thermal treatment on the phenolic content and antioxidant activity of some vegetables. *Asian Journal of Clinical Nutrition*, 2(3), 93-100.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(10), 3010-3014.
- Frusciante, L., Carli, P., Ercolano, M. R., Pernice, R., Di Matteo, A., Fogliano, V., & Pellegrini, N. (2007). Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular nutrition & food research*, 51(5), 609-617.
- Gärtner, C., Stahl, W., & Sies, H. (1997). Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *The American journal of clinical nutrition*, 66(1), 116-122.
- Halliwell, B. (1999). Oxygen and nitrogen are pro-carcinogens. Damage to DNA by reactive oxygen, chlorine and nitrogen species: Measurement, mechanism and the effects of nutrition. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 443(1-2), 37-52.
- Ioannou, I., Chekir, L., & Ghoul, M. (2020). Effect of heat treatment and light exposure on the antioxidant activity of flavonoids. *Processes*, 8(9), 1078.
- Jagminder, K. B., Salwan, P., & Salwan, S. (2016). Various possible toxicants involved in thyroid dysfunction: A review. *J Clin Diagn Res*, 10(1), FE01-FE03.
- Matés, J. M., & Sánchez-Jiménez, F. (1999). Antioxidant enzymes and their implications in pathophysiologic processes. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 4(4), 339-345.
- Menshchikova, E. B., Zenkov, N. K., Kandalintseva, N. V., & Prosenko, A. E. (2008). Combination of methods for in vitro study of antioxidant properties of

chemical compounds. *Bulletin of experimental biology and medicine*, 146(6), 741-743.

- Rivero, A. G., Keutgen, A. J., & Pawelzik, E. (2022). Antioxidant Properties of Tomato Fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as Affected by Cultivar and Processing Method. *Horticulturae*, 8(6), 547.
- Şengül, M., Yildiz, H., & Kavaz, A. (2014). The effect of cooking on total polyphenolic content and antioxidant activity of selected vegetables. *International Journal of Food Properties*, 17(3), 481-490.
- Shi, J., & Maguer, M. L. (2000). Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected
- Tian, J., Chen, J., Lv, F., Chen, S., Chen, J., Liu, D., & Ye, X. (2016). Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes. *Food Chemistry*, 197, 1264-1270.
- Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2005). Analytical, nutritional and clinical methods: The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93, 713-718.
- van Amsterdam, F. T. M., Roveri, A., Maiorino, M., Ratti, E., & Ursini, F. (1992). Lacidipine: a dihydropyridine calcium antagonist with antioxidant activity. *Free Radical Biology and Medicine*, 12(3), 183-187.
- Yang, J., Meyers, K. J., van der Heide, J., & Liu, R. H. (2004). Varietal differences in phenolic content and antioxidant and antiproliferative activities of onions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(22), 6787-6793.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food chemistry*, 64(4), 555-559.